

EVALUACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES EN EL CULTIVO DEL
BANANO (Musa AAA) EN LA ZONA BANANERA DEL MAGDALENA

ERNESTO ALONSO LÓPEZ SÁNCHEZ

ELÍAS TORRES ARIZA

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES EN EL CULTIVO DEL
BANANO (Musa AAA) EN LA ZONA BANANERA DEL MAGDALENA

ERNESTO ALONSO LÓPEZ SÁNCHEZ

ELÍAS TORRES ARIZA

Memoria de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Director

FAUSTINO CUESTA ALFARO

Ingeniero Agrónomo, Especialista en Ciencias Ambientales

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SANTA MARTA D.T.C.H.

2000

Los jurados examinadores de este trabajo de memoria de grado no serán responsables de los conceptos e ideas emitidas por los aspirantes al título.

IA
00500

Nota de aceptación

ANTONIO RODRÍGUEZ ACOSTA I. A.,
Especialista en Frutas Tropicales
Jurado

ROBERTO ACOSTA TORRES I. A.
Jurado

Santa Marta, octubre del 2000

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este gran triunfo a:

Dios quien me dió la vida y me ayudó a seguir adelante.

Mis padres Libio López y Judith Sánchez quienes con sacrificio, amor, ternura y comprensión, me han encaminado por el camino de la superación y lograr todas mis metas.

Mis hermanos: Sandy, Minellys, Dannginner y Libio por su gran apoyo en el camino de la vida.

Mis sobrinos: Jean Carlos, Carol Gissel, Pablo Isaac y Tomás Felipe.

Lilibeth, por su cariño y apoyo incondicional.

Francisco (Q.E.P.D.), Adal, Didier, Gabriela, Rosario, Etirvio, Fernando, Miriam, Diana, por su amistad, ayuda y colaboración incondicional.

Mis amigos: Elias, Liliana, Ernelda, Fernando, Cesar, Rafael, Emiro, Frank, Rene, Juan Carlos, Luz Divina, Aracelis, Juan David, Geiner, Margarita, Neil, Luis E., Argemiro, Jorge, Dairo, Fredy, Rivera, Linero, por los buenos momentos vividos.

ERNESTO

DEDICATORIA

Dedico este titulo a:

Dios, por su amor, su guía y toda la ayuda que me ha dado para salir adelante.

Mis padres Juan Torres y Ana Ariza, quienes con amor sacrificio y humildad me han forjado en el camino de la superación.

Mis hermanos Arsenia, Sonia, Leonardo, Exequías, Ariel y Jesús por ser los mejores hermanos y amigos del mundo.

Mi sobrino Juan Ariel.

Mi abuela Julia Murgas, mis tíos, primos y demás familiares.

Augusto Ramos, Ildegar Rojas e hijas por haberme brindado ese calor de familia en esta ciudad.

Mis amigos y compañeros: Ernesto, Jorge de la Cruz, Dairo, Liliana, Fernando, Rafael, Geiner, Emiro, Argemiro, Frank, Rene, Amaya, Cesar, Ernelda, Aracelis, Freddy, Luis, Neil, Margarita, Luz Divina, Shirley, Juan David, Rivera, Linero, Celeste, Milsa, por su amistad y cariño.

ELÍAS

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

- Eliecer Canchano Niebles I.A., profesor de la Universidad del Magdalena. Asesor de la presente investigación, por sus valiosas orientaciones.
- Faustino Cuesta Alfaro I.A., Especialista en Ciencias Ambientales, investigador del Comité Departamental de Cafeteros del Magdalena. Director de la investigación.
- Roberto Acosta Torres I.A., profesor de la Universidad del Magdalena. Jurado, por sus acertadas sugerencias.
- Antonio Rodríguez I.A., Especialista en Frutas Tropicales. Jurado, por sus orientaciones.
- Rafael Pérez Dávila. Propietario de la finca Nueva Esperanza, por su colaboración.
- Alfredo M^cCausland Ramos I.A. Administrador finca el Carmen.
- Reynaldo Lobato Pertuz I.A. M.Sc., profesor de la Universidad del Magdalena. Por su ayuda.
- Betty Patiño Urieles. Secretaria de la Decanatura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Al laboratorio Herbario de la Universidad del Magdalena.
- Al laboratorio de suelos E.C.N.
- Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para que este trabajo llegara a su feliz conclusión.



CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	4
2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	14
2.1.1 Localización	14
2.1.2 Características generales del área	14
2.2 DISEÑO METODOLÓGICO	15
2.2.1 Fincas seleccionadas	16
2.2.2 Muestreo de campo y análisis de muestra	16
2.2.2.1 Recolección de especies vegetales para su identificación	16
2.2.2.2 Toma de muestras de suelos para su análisis en laboratorio	17
2.2.3 Análisis de las muestras de suelo	17
2.2.3.1 Determinación de la textura del suelo	17
2.2.3.2 Determinación de la estructura del suelo	19

2.2.3.3	Determinación de la densidad aparente y la densidad real	19
2.2.3.4	Determinación de la porosidad	21
2.2.3.5	Determinación de la retención de humedad	21
2.2.3.6	Determinación de la infiltración	23
2.2.3.7	Determinación del nitrógeno total	25
2.2.3.8	Determinación de fósforo	26
2.2.3.9	Determinación de Potasio	26
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	27
3.1	DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS COMO COBERTURA	27
3.2	DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA	35
3.3	DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA	36
3.4	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE	37
3.5	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL	38
3.6	DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD	40
3.7	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA	42
3.8	DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA RETENCIÓN DE HUMEDAD	43
3.9	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO	45
3.10	DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MARCHITEZ	46

3.11 DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO TOTAL	47
3.12 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO	48
3.13 DETERMINACIÓN DE POTASIO	50
4. CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRFIA	55
ANEXOS	57

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Textura de los suelos en estudio	35
Tabla 2. Estructura de los bloques en estudio	36
Tabla 3. Densidad aparente de los suelos en estudio	37
Tabla 4. Densidad real de los tratamientos en estudio	39
Tabla 5. Porosidad de los suelos en estudio	40
Tabla 6. Conductividad hidráulica de los suelos en estudio	42
Tabla 7. Máxima retención de humedad de los suelos en estudio	44
Tabla 8. Capacidad de campo de los suelos en estudio	45
Tabla 9. Punto de marchitez de los suelos en estudio	46
Tabla 10. Nitrógeno total de los suelos en estudio	47
Tabla 11. Contenido de fósforo de los suelos en estudio	49
Tabla 12. Contenido de potasio de los suelos en estudio	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Montaje del infiltrómetro de altura constante	23
Figura 2. <u>Tripogandra multiflora</u>	28
Figura 3. <u>Commelina erecta</u>	29
Figura 4. <u>Callisia cordifolia</u>	30
Figura 5. <u>Panicum trichoides</u>	31
Figura 6. <u>Euphorbia hirta</u>	32
Figura 7. <u>Desmodium scorpiurus</u>	33
Figura 8. <u>Vigna vexillata</u>	34

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de varianza de los diferentes tratamientos para la densidad aparente	58
Anexo B. Prueba de Tukey para la densidad aparente de los diferentes tratamientos	58
Anexo C. Análisis de varianza para la densidad real de los diferentes tratamientos	59
Anexo D. Prueba de Tukey para la densidad real de los diferentes tratamientos	59
Anexo E. Análisis de varianza para la porosidad de los suelos en estudio	60
Anexo F. Prueba de Tukey para la porosidad de los diferentes tratamientos	60
Anexo G. Análisis de varianza para la conductividad hidráulica de los tratamientos	61
Anexo H. Prueba de Tukey para la conductividad hidráulica de los tratamientos	61
Anexo J. Análisis de varianza para la máxima retención de humedad de los tratamientos en estudio	62
Anexo K. Prueba de Tukey para la máxima retención de humedad de los tratamientos en estudio	62
Anexo L. Análisis de varianza para la capacidad de campo de los tratamientos en estudio	63

Anexo M. Prueba de Tukey para la capacidad de campo de los tratamientos en estudio	63
Anexo N. Análisis de varianza para el punto de marchitez permaente de los tratamientos en estudio	64
Anexo Ñ. Prueba de Tukey para el punto de marchitez permaente de los tratamientos en estudio	64
Anexo P. Análisis de varianza para el nitrógeno total de los suelos en estudio	65
Anexo Q. Prueba de Tukey para el nitrógeno total de los suelos en estudio	65
Anexo R. Análisis de varianza para el contenido de fósforo	66
Anexo S. Prueba de Tukey para el contenido de fósforo de los suelos en estudio	66
Anexo T. Análisis de varianza para el contenido de potasio	67
Anexo U. Prueba de Tukey para el contenido de potasio d e los suelos en estudio	67

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en las fincas Nueva Esperanza y el Carmen; ubicadas en el corregimiento de Río Frío, municipio Zona Bananera, departamento del Magdalena.

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de las coberturas vegetales establecidas, con respecto a un suelo desnudo (uso de herbicidas), en cuanto a las características físico-químicas de los suelos; en el cultivo de banano (*MUSA AAA*).

El ensayo se realizó entre los meses de abril a julio del 2000, tiempo durante el cual se tomaron las muestras y se hicieron los respectivos análisis de laboratorio. Se utilizó el diseño estadístico de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones; los tres tratamientos constaron de:

a. Tratamiento con cobertura mixta: *Conmelina erecta*, *Tripogandra multiflora*, *Callisia cordifolia*, *Desmodium scorpiurus*, *Vigna vexillata*, *Panicum trichoides*, *Euphorbia hirta*.

b. Tratamiento con cobertura simple: *Tripogandra multiflora*.

c. Tratamiento testigo: uso de herbicidas.

Los parámetros evaluados fueron: estructura, densidad aparente, densidad real, conductividad hidráulica, máxima retención de humedad, porosidad, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio.

Se realizó el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Tukey para comparar los tratamientos en estudio.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, no se

observaron diferencias entre las coberturas vegetales y el tratamiento testigo sobre los siguientes parámetros: estructura, densidad real, contenido de fósforo y potasio. Mientras que al analizar los parámetros de densidad aparente, porosidad, conductividad hidráulica, máxima retención de humedad, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y contenido de nitrógeno, se observó un mejor comportamiento de las coberturas vegetales con respecto al tratamiento testigo, obteniéndose los mejores resultados en el tratamiento de coberturas mixtas.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del banano (*Musa AAA*), es uno de los que genera mayor fuente de empleo en la zona norte colombiana. Buscando nuevas alternativas para el manejo del cultivo que conlleven a una conservación tanto del suelo, como del medio ambiente y a su vez una disminución en los costos de producción, se evaluaron coberturas vegetales con el fin de observar su comportamiento y beneficio que tienen estas sobre las características físico-químicas de los suelos dedicados al cultivo del banano.

En la Zona Bananera del Magdalena se ha utilizado como principal método de control de malezas, a los herbicidas, el uso continuo de éstos, tiende a deteriorar las características físico-química de los suelos ocasionando una compactación de los mismos lo que repercute en una disminución de la infiltración de las aguas, aumento de las aguas de escorrentía que conllevan a pérdida de suelos por erosión, además, se presenta disminución de los macroporos del suelo que ocasiona la pérdida de la capacidad de aireación del mismo; esta práctica además contribuye a una

disminución parcial de los macro y microorganismos presente en los estratos superiores del perfil.

Con el fin de mejorar las condiciones físico-químicas, evitar la erosión de los suelos, y contribuir a la recuperación del medio ambiente de la Zona Bananera del Magdalena (a causa del uso indiscriminado de los herbicidas), se evaluó el efecto de las coberturas vegetales al compararse con un suelo tratado continuamente con herbicidas; para ello se tomaron dos áreas con coberturas, de las cuales, una presenta una cobertura simple (una sola especie), y la otra con cobertura mixta (varias especies), previamente establecidas y un suelo sin coberturas (uso continuo de herbicidas); las áreas con coberturas tienen un manejo de desyerbas a machete mientras que al suelo desnudo se le realizan aplicaciones periódicas de herbicidas.

Las coberturas utilizadas para esta investigación son plantas nativas de la zona, de fácil establecimiento por parte de los agricultores dada su facilidad de manejo. Las áreas estudiadas han sido mantenidas bajo condiciones agronómicas normales, y a su vez se mantuvieron constante algunos factores, que en un momento determinado pudieron haber influido sobre los parámetros

estudiados.

La trascendencia de esta investigación radica en el hecho de que son pocos los estudios sobre la evaluación de coberturas vegetales que se han realizado para determinar los beneficios de éstas para contribuir a las mejoras físico-química de los suelos, reducción o eliminación de la aplicación de herbicidas, especialmente cuando los mercados europeos y americanos están exigiendo un manejo adecuado del medio ambiente.

Por otro lado, este trabajo aporta nuevos conocimientos con relación al comportamiento de las coberturas vegetales en los suelos de la Zona Bananera del Departamento del Magdalena, debido a que son pocos los estudios realizados al respecto.

1. ANTECEDENTES

Los suelos más aptos para el cultivo del banano, son aquellos de formación aluvial con buena profundidad, estructuración, drenaje interno, alta fertilidad y cuya textura varía dentro de la gama de los francos. (18).

Simmond, comenta que son tres los factores que deciden si un suelo es apto o no para banano: la estructura, profundidad y la presencia o ausencia de sustancias tóxicas. (14).

Haarer, asegura que el banano debe asentarse sobre un suelo fértil, desmenuzable y de cierto espesor en su capa de tierra vegetal. El tipo de suelo resulta de escasa importancia con tal de que sea de reacción neutra y no esté sujeta a inundaciones. (10).

No existe un tipo determinado de condición física de los suelos bananeros aluviales ya que en una misma área podrán encontrarse texturas desde arenas sueltas en todo el perfil hasta arcillas pesadas con más del 60%. (9).

Oschatz, complementa que todas las demás condiciones para un buen crecimiento pueden ser ofrecidas actualmente con ayuda de técnicas modernas de producción. El complejo de la absorción y la saturación de bases pueden ser mejoradas por el regular abonamiento orgánico y por la incorporación de fertilizantes minerales para suplir la falta de alimentos nutritivos, igualmente es posible corregir condiciones desfavorables del suelo mediante las labores del cultivo apropiadas para cada caso. (12).

La utilización de las coberturas vegetales es la práctica que mayor eficiencia (en la protección del suelo contra la erosión), ha mostrado en todos los experimentos realizados en el mundo. (4).

La cobertura consiste en mantener una cubierta densa y permanente de plantas que tengan sistemas radicales superficiales y de poca competencia con el cultivo, o raíces profundas no fasciculadas. Los agricultores acostumbran llamar estas plantas con el nombre de "malezas nobles", para distinguirlas de aquellas que crecen demasiado, y le quitan agua y nutrientes al cultivo comercial. (4).

El empleo de coberturas vegetales es una práctica que se utiliza exitosamente para el manejo de malezas en cultivos, reduciéndose

los costos de producción y ayudando a la preservación del medio ambiente. (16).

Cuando se haya destruido la cobertura natural por las desyerbas continuas y por el empleo de sistemas y herramientas inadecuadas, lo primero que debe hacerse es propiciar una cobertura vegetal apropiada de "malezas nobles". Para esto, deben preferirse las plantas nativas, de propagación e invasión espontánea, lo cual se logra haciendo desyerbas selectivas durante todas las labores para controlar las malezas indeseables, las cuales tienen una gran capacidad para reproducirse y volver a invadir los lotes. (2).

En regiones tropicales se ha comprobado que el suelo desnudo, sometido a la acción directa del sol y del agua lluvia, sufre graves y rápidos daños en su productividad. Con el establecimiento de una buena cobertura viva sobre el terreno atempera este fenómeno perjudicial de los factores meteorológicos. Esta acción es también independiente de la familia a la cual pertenece la planta utilizada. (11).

Se puede afirmar que en todos los climas, topografías, suelos y clases de explotaciones, se requieren prácticas de conservación ya

sea para prevenir o remediar la erosión, para aprovechar mejor los suelos las aguas o para la protección del medio ambiente. (13).

Las prácticas y obras de conservación buscan disminuir o anular el efecto de los factores que favorecen la erosión. Por ejemplo, amortiguar la energía del golpe de las gotas de lluvia, disminuir la velocidad de las aguas de escorrentía, encauzar las aguas sobrantes y proteger la estructura del suelo. Estas prácticas preventivas de la erosión buscan la sostenibilidad de los niveles de productividad en el tiempo y en el espacio. (15).

Las plantas de cobertura pueden reducir el crecimiento de las malezas, a la vez que aportan material orgánico rico en nitrógeno al suelo y nutrientes al cultivo. El éxito de la práctica depende de la identificación de las especies idóneas definidas por hábito y vigor de crecimiento, fonología y su debido manejo agronómico incluyendo fechas, densidades, arreglo de siembra, frecuencia, tipos de poda y desyerbes posteriores. (17).

La efectividad de la cubierta vegetal para prevenir la erosión depende de la cantidad presente y de como ella esté distribuida sobre la superficie del suelo. (6).

Hay prácticas como las coberturas vegetales, que buscan mejorar las condiciones de producción y la resistencia de los suelos a la erosión. Por ejemplo: retener el agua en las zonas secas, mejorar la estructura y la relación aire/agua del suelo con materia orgánica, aumentar la cantidad y aprovechamiento de los nutrimentos por las plantas. (15).

Las principales ventajas que ofrecen los cultivos protectores o de cobertura son las siguientes:

- Reducen el escurrimiento de las aguas pluviales y conservan la humedad.
- Impiden la erosión excesiva del suelo.
- Aumentan la materia orgánica del suelo.
- Impiden las pérdidas de los elementos de nutrición vegetal del suelo, específicamente de las sustancias nitrogenadas.
- Cuando se incorporan forman ácidos orgánicos y otros compuestos, y facilitan así el aprovechamiento de las

sustancias alimenticias minerales.

- Aumentan la producción en diferentes cultivos.
- Modifican la estructura del suelo de modo que aumentan su capacidad para absorber las aguas pluviales o de riego. (3).

Las raicillas de la cobertura amarran el suelo, aumentan su porosidad y mejoran las condiciones de agregación, estabilidad y la relación aire-agua del suelo. (4).

La siembra en el suelo con cultivos de cubierta ahorra al suelo la humedad del mismo. Además, utiliza los residuos de cosecha para mejorar la estructura laborable del suelo, conserva la materia orgánica y ofrece buenas condiciones para que las bacterias del suelo hagan su labor. (5).

La fertilidad del suelo es un factor fundamental en la conservación del mismo y el agua; manteniendo en este una fertilidad considerable. Automáticamente se establecen muchas condiciones que ayudan a reducir el escurrimiento y la erosión, además los suelos fértiles dan cosecha de gran rendimiento. Por esta razón, el

empleo de coberturas vegetales, cuando ello sea necesario, debería recibir una atención primordial al trazar un programa de conservación. (7).

Aunque la correcta elección y utilización de las tierras es probablemente lo más importante en la explotación agrícola de conservación, un sistema de cultivo y de explotación que mantenga un buen estado del suelo es una práctica fundamental de la conservación de las tierras laborables. Un sistema de cultivo requiere de prácticas y cuidados tales como: riego, drenaje, fertilización, etc., para que cada clase de suelo se conserve en buenas condiciones. (5).

Suárez de Castro, en un estudio en lisímetros monolíticos del movimiento del agua en el suelo encontró que las pérdidas de agua por percolación fueron mayores en el tratamiento donde se utilizó el suelo desnudo que en el tratamiento de suelo con cobertura viva, fueron también mayores en el tratamiento con cobertura muerta que en el tratamiento con cobertura viva. (8).

Si se analizan las causas de la decadencia de la agricultura en algunos departamentos colombianos, se llegaría a la conclusión de

que una de las principales es el empobrecimiento de los suelos debido a la erosión por mal uso o manejo de los mismos y por la carencia de prácticas de conservación preventivas de la erosión. (13).

La estructura del suelo se degrada muy fácilmente, por ello es necesario cuidarla con esmero, especialmente porque trae como consecuencia muchos problemas a nivel del suelo como son: problemas de erosión (eólica o hídrica), problemas con algunos cultivos (sistema radicular), algunas prácticas de manejo de suelo. (1).

Ya se ha comentado, cuales son los problemas que se presentan en la pérdida de la estructura de un suelo, y claro está que a medida que las labores culturales realizadas en el campo se concentran más en el suelo, más será el deterioro causada a estos; el manejo de la estructura nunca puede ser independiente del total o del integral uso y manejo que se le da a un suelo determinado, ya que todas las propiedades físicas se verán afectadas si se afecta alguna de ellas. (1).

Los alimentos minerales para las plantas provienen de la

descomposición de las rocas y el material parental del suelo en el cual crecen, el aumento en la actividad de los microorganismos acelera mucho este proceso y así las cosechas pueden luego disponer de las cantidades de nutrimentos que necesitan. (11).

El agudo impacto de las gotas de lluvia, cuando golpean el suelo desnudo durante las lluvias, demuele los terrones grandes y pequeños y descomponen la estructura del suelo. El batido y la sacudida de éstas gotas, forman una masa compacta con las finas partículas del suelo, convirtiéndolas en una capa de superficie lodosa casi impermeable. (6).

La erosión remueve rápidamente la materia orgánica del suelo, y esto es particularmente verdad donde no hay cubierta vegetal para proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia. Pues sin la protección de tal cubierta, es difícil mantener el contenido de materia orgánica del suelo y es inútil tratar de restaurarla. (6).

El manejo de malezas en las plantaciones de banano en Urabá, generalmente se realiza con ciclos de aplicación de herbicidas cada 6 – 8 semanas, los cuales pueden aumentar los costos de producción y el deterioro del medio ambiente. Sin embargo, existen otros

métodos diferentes que se podrían utilizar y alternar para producir los gastos y los impactos generados por estos agroquímicos. Las malezas podrían manejarse de manera integral, cultural, mecánica y manualmente, manteniendo el cultivo del banano con población de plantas adecuada y con las labores culturales al día. (16).

Las plantas leguminosas utilizadas como cobertura, aumentan la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno del aire en sus raíces. (2).

En plantaciones de café es recomendable el uso de plantas rastreras entre las calles, como coberturas vivas, lo cual no solamente protege al suelo contra el perjudicial impacto directo de las lluvias, si no que retiene y almacena elementos nutritivos. (8).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

2.1.1 Localización.

El trabajo de campo fue realizado en la Zona Bananera del departamento del Magdalena, ubicada entre los $74^{\circ} 07'$ y $74^{\circ} 24'$ de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich y de $11^{\circ} 01'$ a $10^{\circ} 22'$ de latitud norte con respecto al Ecuador.

Las fincas seleccionadas para esta investigación se encuentran localizadas en el municipio Zona Bananera, corregimiento de Río Frío.

2.1.2 Características generales del área.

La Zona Bananera del Magdalena cuenta con las condiciones optimas para el cultivo del banano. Las características agroclimáticas de bosque seco tropical así lo permiten. Tiene una altitud que oscila entre 30 y 35 m.s.n.m., $27,8^{\circ}\text{C}$ de temperatura media anual, humedad relativa entre 79 y 82%, lo suelos son de origen aluvial, profundos con buen drenaje y fertilidad moderada.

2.2 DISEÑO METODOLÓGICO

El modelo del diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar; donde se tuvieron tres tratamientos representados de la siguiente manera:

1. Suelo con coberturas mixtas.
2. Suelo con cobertura simple.
3. Testigo absoluto.

Cada tratamiento se replicó tres veces, tomando bloques experimentales de 3m de ancho por 5m de largo sobre los cuales se recolectó la información, posteriormente se realizó el respectivo análisis de varianza para cada uno de los parámetros de cada tratamiento, luego para comparar y determinar el mejor tratamiento, se realizó la prueba de Tukey.

Las especies utilizadas como coberturas mixtas fueron: Tripogandra multiflora (suelta), Commelina erecta (coneja), Callisia cordifolia (afro), Panicum trichoides (ilusión), Euphorbia hirta (lechosa), Desmodium scorpiurus (pega-pega), Vigna vexillata (frijolillo).

La especie utilizada como cobertura simple fue: Tripogandra multiflora.

2.2.1 Fincas seleccionadas.

El trabajo de campo se realizó en las fincas Nueva Esperanza y el Carmen; estas separadas por un canal de riego (ramal del canal del norte)

En la finca Nueva Esperanza se presentan condiciones de suelo con cobertura (simple y mixtas); mientras que la finca el Carmen presenta suelos sin coberturas.

2.2.2 Muestreo de campo y análisis de las muestras.

Consistió en seleccionar las áreas que cumplieran con los requisitos antes mencionadas, los cuales fueron: suelos con cobertura mixta, suelos con cobertura simple y suelos desnudos (bajo control químico). Se realizaron tres replicaciones para cada uno de los tratamientos en estudio, tomando bloques experimentales de 3 metros de ancho por 5 metros de largo, en las cuales se realizó la toma de la información.

2.2.2.1 Recolección de especies vegetales para su identificación.

Delimitados cada uno de los bloques experimentales, se procedió a la recolección de las especies vegetales a estudiar para realizar su respectiva clasificación.

2.2.2.2 Toma de muestras de suelo para su análisis en laboratorio. Con la ayuda de una pala, se tomó una muestra de suelo (aproximadamente 1Kg) a una profundidad de 0 – 20cm en cada uno de los bloques de los respectivos tratamientos; dichas muestras con el fin de determinar: textura, estructura, densidad aparente, densidad real, poros totales, retención de humedad, contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Luego utilizando tubos de PVC de 2" de diámetro y 20cm de longitud, se tomó una muestra de suelo en forma vertical sin perturbar en cada replicación a una profundidad aproximada de 0 – 10cm, esto con el fin de determinar la capacidad de infiltración de los suelos.

2.2.3 Análisis de las muestras de suelo.

Este fue realizado en el laboratorio de suelos de la Universidad del Magdalena.

2.2.3.1 Determinación de textura de los suelos. El método empleado para esta determinación fue el de Bouyoucos.

Procedimiento: se pesaron 50gr. de suelo seco, se pasaron a la copa de dispersión (agitador), se le agregaron 30cc de hexametáfosfato de sodio, más 500cc de agua y se agitó durante 10 – 15 minutos, se pasó la solución con la ayuda de un tarro lavador a un cilindro

graduado de 1000cc, se colocó el hidrómetro dentro de la solución y se completó el volumen a 1000cc, se retiró el hidrómetro y con el agitador vertical se agitó durante 1 minuto, se sacó y se le colocó el hidrómetro, a los 40 segundos de colocado se hizo la lectura del hidrómetro y se midió la temperatura del agua (termómetro), se sacó el hidrómetro y se dejó en reposo el cilindro durante 2 horas; a las 2 horas se repitió la medición.

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 (^{\circ}\text{C} + 32)$$

Si la temperatura en $^{\circ}\text{F}$ es superior a 67° el excedente se multiplica por 0,2 y se le agrega a la lectura inicial del hidrómetro.

Si la temperatura en $^{\circ}\text{F}$ es inferior a 67° , los grados faltantes se multiplican por 0,2 y este valor se le resta a la lectura inicial del hidrómetro. Posteriormente se aplica la fórmula.

$$\begin{array}{l} \% \text{ material} \\ \text{en} \\ \text{suspensión} \end{array} = \frac{\text{Primera lectura del hidrómetro corregida}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ arena} = 100 - \% \text{ material en suspensión}$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{Segunda lectura del hidrómetro corregida}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arcilla} + \% \text{ arena})$$

Con los datos obtenidos se determinó la textura utilizando el diagrama triangular del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América).

2.2.3.2 Determinación de la estructura del suelo. Este se determinó mediante el método visual.

Procedimiento: tomada en el campo, se sacó una porción la cual mediante observación y comparación de los agregados del suelo con respecto a gráficos que representan los diferentes tipos de estructuras, se realizó su respectiva clasificación.

2.2.3.3 Determinación de la densidad aparente y densidad real. El método utilizado fue el del cilindro graduado.

Procedimiento: de cada una de las muestras se tomó una cantidad de suelo, la cual fue llevada a la estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas, una vez secada la muestra se prosiguió a triturarla con el

rodillo, luego se tamizó (tamiz de 2mm). De esta muestra se tomaron 40gr de suelo y se pasaron a una probeta graduada, a la cual se le dieron aproximadamente 10 golpes suaves hasta nivelar la superficie del suelo, leyendose el volumen ocupado; éste es el volumen aparente de la muestra. Luego en otra probeta se colocaron 50ml de agua y se vertieron los 40g de suelo observandose el nuevo volumen; la diferencia entre el nuevo volumen y los 50ml es el volumen real del suelo.

$$\rightarrow D = P/V$$

donde: D = densidad

P = peso

V = volumen

$$\rightarrow D_a = P/V_a$$

donde: D_a = densidad aparente

P = peso de la muestra

V_a = volumen aparente de la muestra

$$\rightarrow D_r = P/V_r$$

donde: D_r = densidad real

P = peso de la muestra

V_r = volumen real de la muestra

2.2.3.4 Determinación de la porosidad. Esta característica se determinó con base en las densidades real y aparente de los suelos. Su cálculo se hizo mediante la siguiente expresión:

$$\%P = [1 - (D_a/D_r)] 100$$

Donde: %P = porosidad total

D_a = densidad aparente

D_r = densidad real

2.2.3.5 Determinación de la retención de humedad. Esta se determinó gravimétricamente por diferenciación muestra húmeda, muestra seca; teniendo en cuenta: la máxima retención de humedad, capacidad de campo, y el coeficiente de marchitez.

Procedimiento: de cada replicación se tomó una muestra de suelo seca se trituró con el rodillo, luego se tamizó (tamiz de 2mm), se tomó un embudo Bucher con un filtro y se llenó con suelo, y se le agregó agua destilada y se dejó hasta que empezará a filtrar; después de inundada la muestra y habiendo dejado de drenar se tomó una muestra la cual se pesó (húmeda) en un crisol, luego se pasó a la estufa a una temperatura de 105°C durante 12 horas (hay que pesar el crisol); luego se pesó la muestra seca, la diferencia de peso relacionada en porcentaje a base seca, fue la máxima retención

de humedad.

$$\rightarrow \text{HE. max. ret.} = [(P_{sh} - P_{ss}) / P_{ss}] 100$$

donde: HE.max.ret.= humedad equivalente máxima retención

P_{sh} = peso suelo húmedo (tomado al finalizar el drenado)

P_{ss} = peso suelo seco (tomado a las 24 horas)

Luego, a las 24 horas aproximadamente se tomó otra muestra y se realizó el mismo procedimiento que en la máxima retención; este resultado determina la capacidad de campo del suelo.

$$\rightarrow \text{HE. Cap.C.} = [(P_{sh} - P_{ss}) / P_{ss}] 100$$

donde: HE. Cap.C = humedad equivalente a capacidad de campo

P_{sh} = peso suelo húmedo (tomado a las 24 horas)

P_{ss} = peso suelo seco (tomado a las 24 horas)

Posteriormente cuando el suelo en el embudo se cuarteó, se tomó otra muestra y se realizó el mismo procedimiento que los anteriores, lo cual representa el coeficiente de marchitez del suelo.

$$\rightarrow \text{HE. P.M.} = [(P_{sh} - P_{ss}) / P_{ss}] 100$$

donde: HE. P.M. = humedad equivalente punto de marchitez

P_{sh} = peso suelo húmedo (tomado al momento de cuartearse el suelo)

P_{ss} = peso suelo seco (tomado a las 24 horas)

2.2.3.6 Determinación de la infiltración. Esta se determinó mediante el infiltrómetro de altura constante. (Ver figura 1).

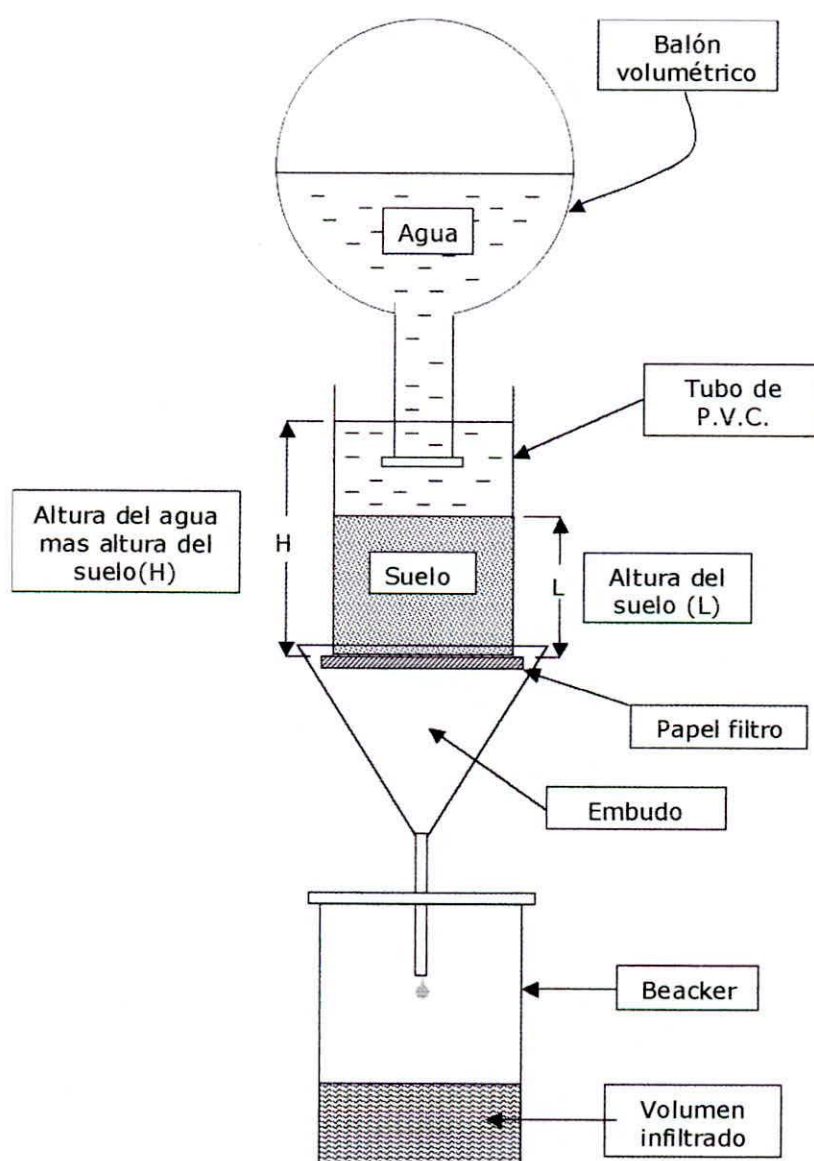


Figura 1. Montaje del infiltrómetro de altura constante.

Procedimiento: se tomaron 9 tubos de PVC con sus respectivas muestras de suelo, y se prosiguió a colocarles papel filtro en la parte inferior, posteriormente se colocaron en tasas con agua (2cm de agua aproximadamente) con el fin de que esta se saturara por capilaridad durante 24 horas, luego se midió la altura del suelo en cada uno de los tubos, después se realizó el montaje en un soporte que contenía: un balón volumétrico en la parte superior, seguido por el tubo de PVC, con la muestra de suelo, con una altura del agua conocida, el cual se colocó sobre un embudo, y en la parte inferior un erlenmeyer con el fin de recolectar el agua infiltrada de cada muestra; uno a uno, a los volúmenes recolectados se le realizaron siete mediciones en lapsos de media hora, realizándose la primera medición media hora después de montado el equipo (infiltrómetro de altura constante). Obtenido los volúmenes de agua de cada tratamiento en un determinado tiempo se prosiguió a determinar:

➔ Caudal de infiltración (cc/min) se determinó por la expresión:

$$Q = V/t$$

donde: Q = caudal de infiltración

V = volumen infiltrado constante

t = tiempo de infiltración

➔ Velocidad de infiltración (cm/hora): se determinó mediante la

fórmula:

$$V_e = Q/A$$

donde: V_e = velocidad de infiltración

Q = caudal de infiltración

A = área del cilindro

→ Cálculo de la conductividad hidráulica (K) (cm/Hora). (Ver figura 1).

Se determinó mediante la expresión:

$$V_e = Q/A = (H/L) K \rightarrow K = V_e / (H/L)$$

donde: K = conductividad hidráulica

V_e = velocidad de infiltración

H = altura del agua + altura del suelo

L = altura del suelo

2.2.3.7 Determinación del nitrógeno total: el nitrógeno se determinó mediante el método de Kjendal modificado.

Procedimiento: se pesaron 0,5g de suelo a los cuales se les agregaron 20ml de dicromato de potasio 0,1N, se agregaron 10ml de ácido sulfúrico concentrado y se agitó por 1 minuto. Se dejó enfriar 30 minutos y se agregaron 200ml de agua destilada más 5ml de ácido fosfórico concentrado más 3 gotas de difenilamina, se agitó y tituló con solución ferrosa 0,1N. El color varía de azul parduzco a verde brillante;

se hizo un blanco (que consiste en realizar el procedimiento anterior sin agregar la muestra de suelo), y se determinó:

$\% \text{ de Carbono} = \text{ml de solución ferrosa gastada} \times \text{Normalidad} \times 0,003 \times 100$

$\% \text{ de Materia Orgánica} = \% \text{ de Carbono} \times 1,724$

$\% \text{ de Nitrógeno total} = \% \text{ de Materia Orgánica} / 20$

$\% \text{ de Nitrógeno asimilable} = \% \text{ de Nitrógeno total} \times 0,02$

2.2.3.8 Determinación de fósforo. Se determinó mediante el método de Bray II.

Procedimiento: se pesaron 3g de suelo, se agregaron 20ml de solución extractora Bray II, se agitó durante 40 segundos y se filtró. De este filtrado se tomó 1ml y se trató con 2ml de molibdato de amonio más 6ml de agua más 1ml del cloruro estañoso diluido, se agitó y se dejó en reposo durante 10 minutos. Se leyó a 660nm en el espectrofotocolorímetro.

2.2.3.9 Determinación de potasio. Se determinó mediante el espectrofotómetro de absorción atómica.

Procedimiento: se pesaron 6g de suelo, se agregaron 30ml de acetato de amonio normal y neutro, se agitó por 10 minutos, se filtró y se hizo la lectura en el espectrofotocolorímetro.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en la presente investigación sobre la evaluación de coberturas vegetales en el cultivo del banano, son los que a continuación se encuentran consignados:

3.1 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS COMO COBERTURAS

Las especies utilizadas como coberturas vegetales son plantas nativas de la zona las cuales se encuentran bien adaptadas a las condiciones ambientales que se presentan en la región; una vez recolectadas cada una de las especies vegetales en las áreas seleccionadas, se procedió a su respectiva clasificación (Herbario de la Universidad del Magdalena), las cuales se describen a continuación (Figuras 2 – 8).



Figura 2. Tripogandra multiflora

Clase: Monocotiledonea

Familia: Commelinaceae

Nombre vulgar: canutillo, coneja, siempre viva, suelda, suelda con suelda.

Planta herbácea anual rastrera

Raíz fasciculada superficial



Figura 3. Commelina erecta

Clase: Monocotiledonea

Familia: Commelinaceae

Nombre vulgar: canutillo, coneja, orejita de ratón, siempre viva

Planta herbácea anual rastrera

Raíz fasciculada superficial

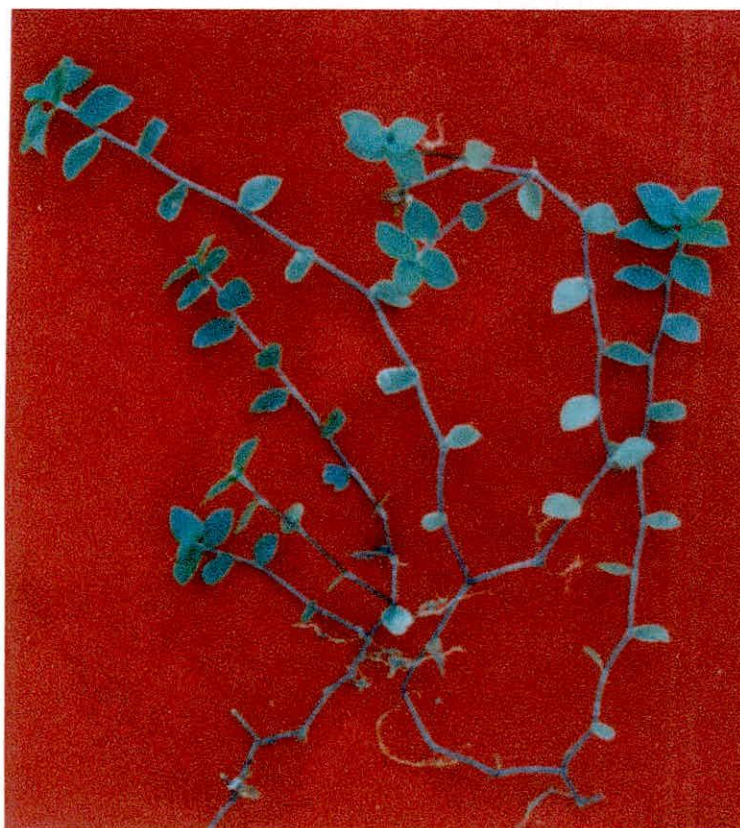


Figura 4. Callisia cordifolia

Clase: Monocotiledonea

Familia: Commelinaceae

Nombre vulgar: hierba de pájaro, afro

Planta de crecimiento herbáceo

Raíz fasciculada superficial

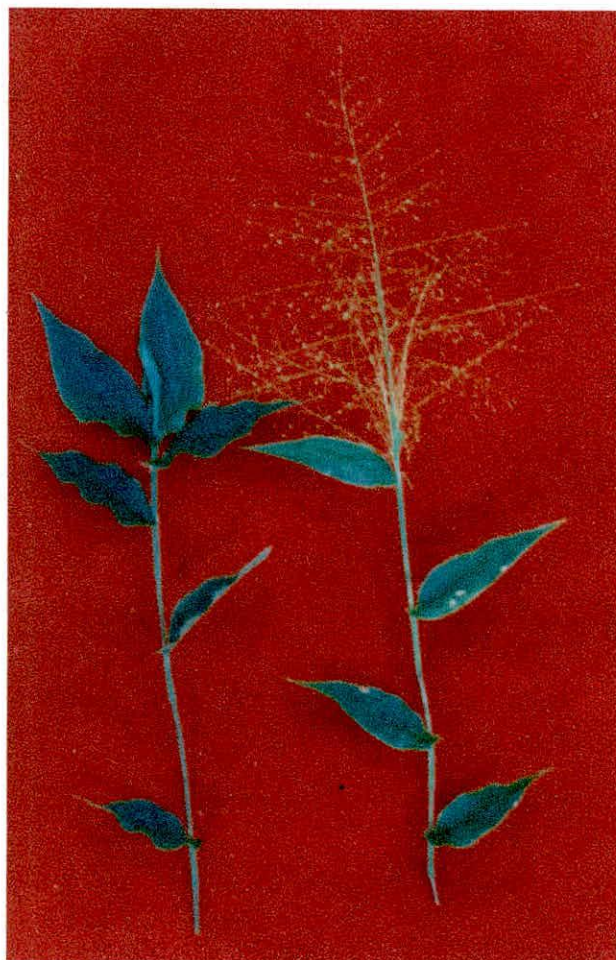


Figura 5. Panicum trichoides

Clase: Monocotiledonea

Familia: Poaceae

Nombre vulgar: hierba de coneja, huesillo, ilusión, plumilla

Planta herbácea, sin florecer muy parecida a commelina sp.

Raíz fasciculada

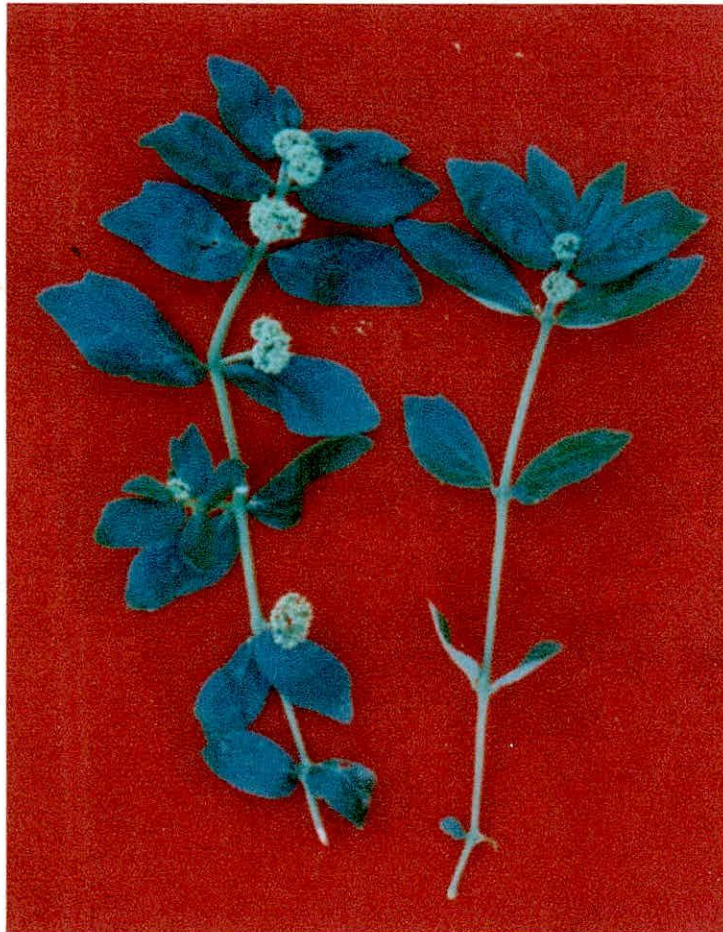


Figura 6. Euphorbia hirta

Clase: Dicotiledónea

Familia: Euphorbiaceae

Nombre vulgar: golondrina, lechosa, tripa de pollo, hierba de sapo

Planta herbácea anual de crecimiento rastrero generalmente

Raíz pivotante

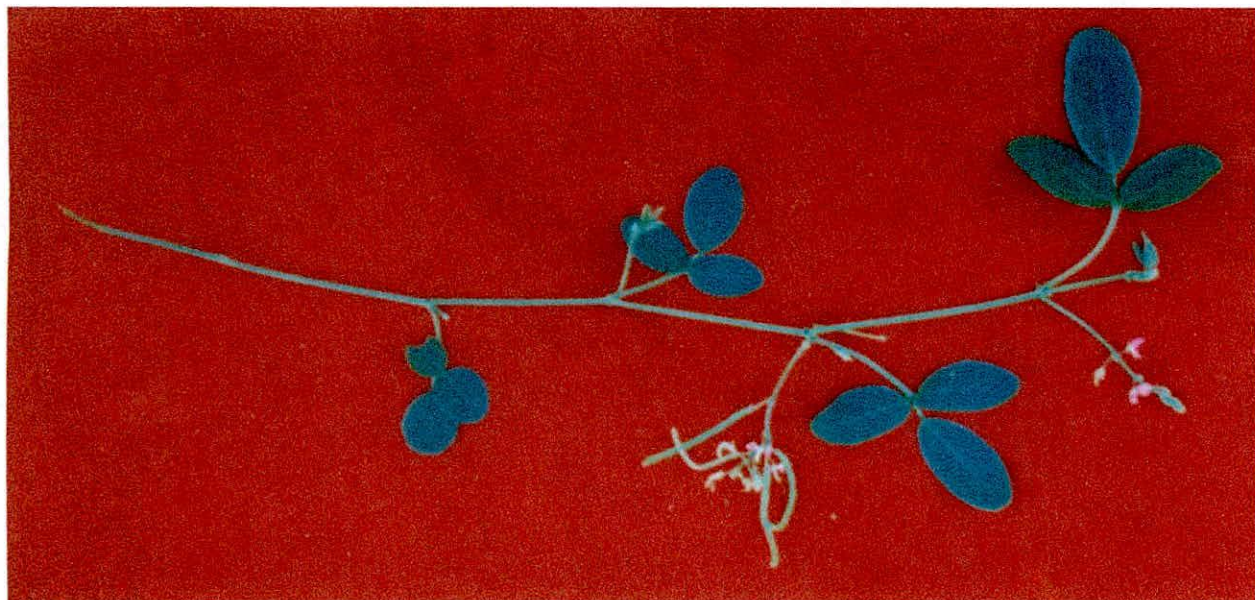


Figura 7. Desmodium scorpiurus

Clase: Dicotiledonea

Familia: Fabaceae

Nombre vulgar: pega-pega

Planta herbácea postrada de 0.2 – 0.6m de largo

Raiz pivotante

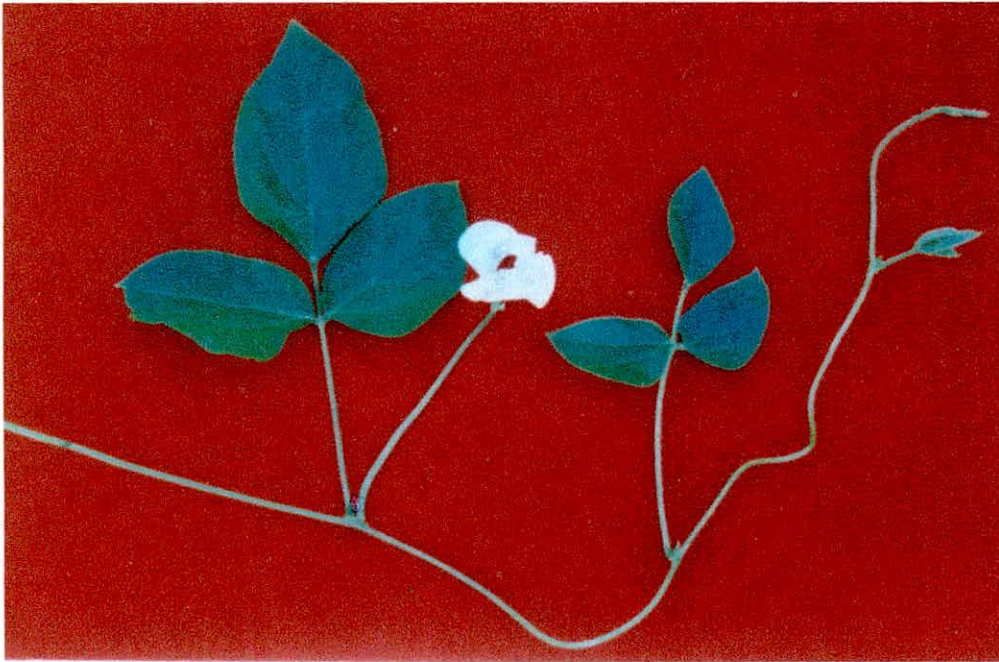


Figura 8. Vigna vexillata

Clase: Dicotiledónea

Familia: Fabaceae

Nombre vulgar: frijolillo

Planta herbácea postrada trepadora

Raíz pivotante

3.2 DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA

Se realizó la determinación de la textura de los suelos en los cuales se tomó la información para evaluar cada uno de los parámetros en estudio, encontrándose los siguientes resultados (ver tabla 1) :

Tabla 1. Textura de los suelos en estudio

TRATAMIENTOS	BLOQUES		
	I	II	III
Cobertura mixta	F. L	F. Ar	F
Cobertura simple	F	F. A	F. Ar. L
Testigo	F. Ar. L	F. L	F. L

De acuerdo con las exigencias de suelos para el cultivo del banano, se encontró que estos suelos son propicios para este cultivo (tabla 1), ya que según Soto, las texturas más recomendables para obtener una buena cosecha económica de banano son las medias, desde franco arenosos finos y muy finos hasta franco arcillosos.

Dada la similitud entre las texturas de los diferentes tratamientos, esta no es determinante en la evaluación de los parámetros en estudio. Es de anotar que las coberturas vegetales no influyen sobre las características texturales de los suelos.

3.3 DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Se realizó la respectiva clasificación de los suelos en estudio, teniendo en cuenta el grado y forma de los agregados del suelo, los cuales arrojaron los siguientes resultados. (Ver tabla 2).

Tabla 2. Estructura de los bloques en estudio

TRATAMIENTOS	BLOQUE	GRADO	FORMA
Cobertura mixta	I	Moderado	Bloques subangulares
	II	Moderado	Bloques subangulares
	III	Moderado	Bloques subangulares
Cobertura simple	I	Moderado	Bloques subangulares
	II	Moderado	Bloques subangulares
	III	Moderado	Bloques subangulares
Testigo	I	Moderado	Bloques subangulares
	II	Moderado	Bloques subangulares
	III	Moderado	Bloques subangulares

De acuerdo con los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos (tabla 2), se observa que no existe diferencia en cuanto a la estructura de los suelos, puesto que todos presentan una

estructura moderada en bloques subangulares, los cuales según Soto, esta clasificada como buena, puesto que facilitan un óptimo desarrollo radicular.

3.4 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE (g/cc)

Los resultados obtenidos con respecto a la densidad aparente de los suelos con los diferentes tratamientos en estudio son los siguientes. (Ver tabla 3).

Tabla 3. Densidad aparente de los suelos en estudio (g/cc).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	1,052	1,052	1,21	3,314	1,104
Cobertura simple	1,25	1,21	1,08	3,54	1,18
Testigo	1,11	1,21	1,31	3,63	1,21

En la tabla anterior se observa que en promedio las mayores densidades aparentes se encontraron en el tratamiento testigo, mientras que el menor promedio se encontró en las coberturas mixtas, observándose las coberturas simples en una fase intermedia, lo que demuestra la influencia directa de las coberturas vegetales sobre esta característica física de los suelos, esto es

debido, a que al descomponerse los residuos de las coberturas se aumenta la materia orgánica de los suelos, además del efecto subsolador de las raíces de dichas coberturas, aumentan la porosidad y disminuyen esta característica ya que se presentan menores cantidades de partículas sólidas por unidad de volumen.

Al realizar el análisis de varianza para este parámetro (densidad aparente), no se encontró diferencia significativa entre ellos. (Anexo A).

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey (anexo B), se encontró que el tratamiento de cobertura mixta con respecto al tratamiento testigo es altamente significativo, al igual que el tratamiento de cobertura mixta con respecto al tratamiento de cobertura simple, mientras que entre el tratamiento de cobertura simple y el tratamiento testigo hay diferencia significativa.

3.5 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD REAL (g/cc)

Los resultados obtenidos de la densidad real de los tratamientos, se consignan en la tabla 4.

Tabla 4. Densidad real de los tratamientos en estudio (g/cc).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	2,16	2,22	2,35	6,73	2,24
Cobertura simple	2,35	2,35	2,0	6,7	2,23
Testigo	2,05	2,16	2,16	6,37	2,12

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos (tabla 4), se puede observar que el tratamiento de cobertura mixta presentó una mayor densidad real promedio, seguido por el tratamiento de cobertura simple y como menor promedio el tratamiento testigo. Debe tenerse en cuenta que la densidad real de un suelo depende básicamente del mineral de que está compuesto y este excluye la porosidad y el contenido de materia orgánica del mismo.

Al realizar el análisis de varianza para este parámetro, no se encontró diferencia significativa. (Anexo C).

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey (anexo D), se encontró que el tratamiento de cobertura mixta con respecto al tratamiento testigo es altamente significativo; al igual que el tratamiento de cobertura simple con respecto al tratamiento testigo; mientras que entre el tratamiento de cobertura mixta y el

tratamiento de cobertura simple, no se encontró diferencia significativa.

3.6 DETERMINACIÓN DE LA POROSIDAD (%)

Los resultados de los tratamientos en estudio con respecto a la porosidad son los siguientes (ver tabla 5):

Tabla 5. Porosidad de los suelos en estudio (%).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	51,29	52,61	48,51	152,41	50,8
Cobertura simple	46,8	48,51	46	141,31	47,10
Testigo	45,85	43,98	39,35	129,18	43,06

Como se puede observar en los resultados (tabla 5), se encontró que en promedio, los suelos que presentan un porcentaje de porosidad más bajos son los del tratamiento testigo (suelo sin cobertura), los cuales se encuentran desprotegidos del efecto de las lluvias o del agua de riego, lo cual origina un lavado de la solución del suelo hacia los horizontes inferiores del perfil, que pasa a ocupar los espacios porosos del suelo ocasionando una compactación de los mismos. Se observó además que los suelos con cobertura simple presentaron en promedio un porcentaje de poros mayor que el

tratamiento anterior (testigo); mientras que en el suelo con cobertura mixta presentó en promedio el porcentaje de porosidad más alto; esto es debido a que la continua descomposición del material vegetal, es mayor que en los demás tratamientos, por los residuos de las coberturas, además el sistema radicular ya sea pivotante o fasciculada de las plantas de cobertura actúan como un subsolador natural, contribuyendo a la separación de los agregados del suelo, permitiendo una mayor infiltración del agua, formación de macro y microporos y por consiguiente una mayor aireación y un mejor desarrollo radicular del cultivo.

Al realizar el análisis de varianza (anexo E), se encontró que existe diferencia altamente significativa con respecto a los tratamientos en estudio, y se encontró que no hay diferencia significativa con respecto a los bloques.

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey (anexo F), se encontró que existe diferencia altamente significativa al comparar el tratamiento de cobertura mixta, con respecto al tratamiento testigo; mientras que no se encontró diferencia significativa entre el tratamiento de cobertura mixta con respecto al tratamiento de cobertura simple; igualmente no se encontró

diferencia alguna entre el tratamiento de cobertura simple y el tratamiento testigo.

3.7 DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (cc/H)

Los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos son los siguientes (ver tabla 6):

Tabla 6. Conductividad hidráulica de los suelos en estudio (cc/H)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	1,075	2,19	1,13	4,395	1,465
Cobertura simple	0,17	0,32	0,25	0,74	0,24
Testigo	0,24	0,035	0	0,275	0,019

De acuerdo con los resultados obtenidos (tabla 6), se observa que el tratamiento de cobertura mixta presentó en promedio una mayor conductividad hidráulica, seguido por el tratamiento de cobertura simple, y como menor promedio el tratamiento testigo. Los tratamientos con cobertura presentan mayores valores debido a la estrecha relación que existe entre la capacidad de infiltración y el espacio poroso de los suelos, y como se pudo observar en estos tratamientos fue donde se encontró en promedio los mayores porcentajes de porosidad.

El tratamiento de coberturas mixtas supera al de cobertura simple, lo cual se debe a la presencia de plantas con un sistema radicular más variado (fasciculado o pivotante), lo cual contribuye a una mayor penetración de estas en los suelos, mientras que la cobertura simple sólo posee un tipo de sistema radicular (fasciculada).

Al realizar el análisis de varianza (anexo G), no se encontró diferencia significativa con respecto a los tratamientos, pero se encontró diferencia significativa con respecto a los bloques en estudio.

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey (anexo H), se encontró que existe diferencia significativa entre el tratamiento de cobertura mixta y el tratamiento de cobertura simple al igual que entre el tratamiento de cobertura mixta y el tratamiento testigo; no se encontró diferencia significativa entre el tratamiento de cobertura simple y el tratamiento testigo.

3.8 DETERMINACIÓN DE LA MÁXIMA RETENCIÓN DE HUMEDAD (%)

Los resultados de máxima retención de humedad de los tratamientos en estudio son los siguientes (ver tabla 7):

Tabla 7. Máxima retención de humedad de los suelos en estudio (%)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	74,86	76,52	61,62	213	71
Cobertura simple	64,6	68,88	58,76	192,24	64,08
Testigo	65	60,47	48,33	174,08	58,02

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos (tabla 7), se pudo observar que la máxima retención de humedad promedio se dió en el tratamiento de cobertura mixta, seguido del tratamiento de cobertura simple y como menor promedio el tratamiento testigo.

La mayor retención en el tratamiento de cobertura mixta, se debe a que en este tratamiento es donde se presenta una mayor cantidad de material vegetal en proceso de descomposición, lo cual conlleva a unos contenidos mayores de materia orgánica, que además de mejorar la porosidad y la infiltración, ayuda a una mayor estabilidad de los agregados del suelo, por consiguiente una mayor retención de humedad lo que no se presenta en el tratamiento testigo.

Al realizar el análisis de varianza (anexo J), se observó que existen diferencias significativas en cuanto a los tratamientos y bloques en estudio.

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey (anexo K), se observó que existe diferencia significativa entre el tratamiento de cobertura mixta y el tratamiento testigo, no existe diferencia alguna entre el tratamiento de cobertura mixta y el tratamiento de cobertura simple; al igual que entre el tratamiento de cobertura simple y el tratamiento testigo.

3.9 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO (%)

Los resultados obtenidos en cuanto a la capacidad de campo son los siguientes (ver tabla 8):

Tabla 8. Capacidad de campo de los suelos en estudio (%).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	47,3	68,83	61,02	177,15	59,05
Cobertura simple	42,95	48,01	74,31	165,27	55,09
Testigo	56,92	62,88	46,49	166,29	55,43

De los tratamientos evaluados, en cuanto a la capacidad de campo (tabla 8), el que obtuvo una mayor capacidad de campo promedio fue el de cobertura mixta, lo cual coincide con lo observado en la máxima retención de humedad donde este tratamiento mostró un

mayor promedio; lo que no ocurrió con el tratamiento testigo que a capacidad de campo superó al tratamiento de cobertura simple.

Al realizar el análisis de varianza (anexo L), no se encontró diferencia significativa.

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey, no se encontró diferencia significativa (anexo M).

3.10 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MARCHITEZ (%)

Los resultados en cuanto a este parámetro son los siguientes (ver tabla 9):

Tabla 9. Punto de marchitez de los suelos en estudio (%).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	6,48	10,3	7,56	24,34	8,11
Cobertura simple	7,44	6,96	6,31	20,71	6,9
Testigo	8,05	6,92	6,17	21,14	7,04

En la tabla 9, se observa los resultados obtenidos en cuanto al punto de marchitez permanente, donde se tiene que el valor promedio más alto se obtuvo en el tratamiento de coberturas mixtas, sin embargo,

la diferencia de este con respecto a los tratamientos (cobertura simple y testigo) no es notoria.

Al realizar el análisis de varianza (anexo N), no se encontró diferencia significativa.

Al realizar la comparación de los tratamientos a través de la prueba de Tukey (anexo Ñ), no se encontró diferencia significativa.

3.11 DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO TOTAL (%)

Se determinó el nitrógeno total de los diferentes tratamientos en estudio y se encontró los siguientes resultados (ver tabla 10):

Tabla 10. Nitrógeno total de los suelos en estudio (%).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	0,1509	0,1455	0,1310	0,4274	0,1424
Cobertura simple	0,1190	0,1378	0,1281	0,3849	0,1283
Testigo	0,1185	0,1191	0,14	0,3776	0,1258

En los resultados obtenidos (tabla 10), se puede observar que en promedio, el tratamiento de cobertura mixta presentó el contenido

más alto de nitrógeno total, seguido por el tratamiento de cobertura simple y como promedio más bajo, el tratamiento testigo, esto es debido a que en el tratamiento de coberturas mixtas se dan mayores aportes de residuos vegetales tanto del banano, como también de los restos de las coberturas; además, dentro de las coberturas mixtas se encuentran algunas plantas leguminosas las cuales son fijadoras de nitrógeno atmosférico; lo que no sucede en el tratamiento de cobertura simple que posee un solo tipo de cobertura y mucho menos en el tratamiento testigo. Cabe anotar, que los aportes de nitrógeno que proporciona la descomposición de los resultados vegetales, no remplazan la aplicación de fertilizantes en el cultivo.

Al realizar el análisis de varianza (anexo P), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en estudio.

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey (anexo Q), no se encontró diferencia significativa.

3.12 DETERMINACIÓN DE FÓSFORO (P) (ppm)

Se encuentran los siguientes resultados (ver tabla 11):

Tabla 11. Contenido de fósforo de los suelos en estudio (ppm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	16	56	23	95	31,66
Cobertura simple	51	23	42	116	38,66
Testigo	7	23	37	67	22,33

Como se puede observar en la (tabla 11), el tratamiento que mostró un mayor promedio fue el de cobertura simple, seguido por el tratamiento de cobertura mixta y como menor promedio el tratamiento testigo; cabe anotar que el contenido de este material en el suelo depende básicamente del material originario del suelo, y del programa de fertilización que se lleve en la finca, por lo cual los tratamientos en estudio, no afecta directamente el contenido de este nutriente en el suelo; además, los niveles de fósforo encontrados en estos suelos se consideran adecuados para el normal desarrollo del cultivo.

Al realizar el análisis de varianza (anexo R), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en estudio.

Al comparar los tratamientos a través de la prueba de Tukey, (anexo S), no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en

estudio.

3.13 DETERMINACIÓN DE POTASIO (k) (meq/100g.)

Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos son los siguientes(ver tabla 12):

Tabla 12. Contenido de potasio de los suelos en estudio (meq/100g)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Xi	\bar{X}_i
	I	II	III		
Cobertura mixta	0,39	0,33	1,2	1,92	0,64
Cobertura simple	0,39	0,95	0,51	1,85	0,61
Testigo	0,51	1,2	0,88	2,59	0,86

En la (tabla 12), se puede observar que en promedio, el tratamiento que mostró un mayor valor fue el tratamiento testigo, seguido por el tratamiento de cobertura mixta y el menor promedio el tratamiento de cobertura simple; en general, el contenido de este mineral en el suelo depende del material parental del cual se origina y del plan de fertilización que se realice en la plantación.

Al realizar el análisis de varianza (anexo T), se encontró que no existe diferencia significativa de los tratamientos en estudio.

Al comparar los tratamientos mediante la prueba de Tukey (anexo U), se encontró que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

4 CONCLUSIONES

Realizado el estudio sobre la evaluación de coberturas vegetales en el cultivo de banano (*MUSA AAA*), y teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos se llegó a las siguientes conclusiones:

- * En cuanto a la estructura de los suelos estudiados, no se encontró diferencia alguna, puesto que tanto en los tratamientos con coberturas (mixtas y simples) y el tratamiento testigo, se presentó el mismo tipo estructural de los suelos (moderada en bloques subangulares).
- * El tratamiento de coberturas vegetales mixtas ejerce una influencia favorable sobre la densidad aparente de los suelos, puesto que al ser comparados con el tratamiento de cobertura simple y el tratamiento testigo, presentó los resultados más adecuados para el desarrollo del cultivo.
- * Las coberturas vegetales no ejercen influencia directa sobre la

densidad real de los suelos, puesto que esta depende básicamente del material mineral de que está compuesto el suelo.

- * Los suelos que presentan coberturas vegetales, poseen un porcentaje mayor de porosidad, con respecto a los suelos sin coberturas.
- * Se presenta una mayor velocidad de infiltración en los suelos bajo coberturas vegetales mixtas, con respecto a los suelos bajo cobertura simple y sin cobertura; este último presenta la infiltración más baja.
- * Los suelos en los cuales se encuentran las coberturas vegetales mixtas presentan mayores porcentajes de retención de humedad, a capacidad de campo y a punto de marchitez con respecto a los demás tratamientos (cobertura mixta y testigo).
- * Los niveles más altos de nitrógeno total se presentan en los tratamientos de coberturas mixtas, seguidos por el tratamiento de coberturas simples y los menores niveles en el tratamiento testigo.
- * No se encontró diferencia alguna en los tratamientos con

coberturas vegetales con respecto al tratamiento testigo en cuanto a los contenidos de fósforo y potasio de los suelos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede observar la influencia que ejercen las coberturas vegetales sobre algunas de las características físico-químicas de los suelos, contribuyendo a la conservación tanto de estos como del medio ambiente y a su vez generando condiciones favorables para el desarrollo del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. CANCHANO NIEBLES, Eliecer. Uso y manejo de suelos. Santa Marta. 1995. 306p.
2. CENICAFE. Avances técnicos. Chinchiná. N° 151 (oct. 1990). 4 p.
3. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS EE.UU. Manual de conservación de suelos. México : Limusa, 1988. 175 p.
4. FAO. La erosión del suelo por el agua. 1967. p. 70-71. ISBN 92-5-300474-6.
5. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná. 1975. 103 p.
6. FOSTER, Albert B. Métodos aprobados en la conservación de suelos. México : Trillas, 1979. 411 p.
7. GÓMEZ ARISTIZABAL, Alvaro. Experiencias de Fedecafe en la erosión y la conservación de los suelos andinos. En : Revista cafetera de Colombia. No. 1 (ene. - mar. 1980). p. 40.
8. ----- . Las malezas nobles previenen la erosión. Chinchiná : Cenicafe, 1990. 4p.
9. GUERRERO RIASCOS, Ricardo. Fertilización de cultivos en clima cálido. Monómeros Colombo Venezolanos. 1991. 214p. ISBN: 958-95295-1-8
10. HAARER, A. E. Producción moderna de bananas. Zaragoza. Acribia s.f. 174p.
11. MEJIA, G. y GOMEZ, S. Algunos recomendaciones ambientales para fincas bananeras. En : Carta informativa Augura (feb. 1997). p. 10-11.

12. OSCHATZ, H. Nuevos conocimientos y experiencias en el abonamiento del banano. Verigsgesellschaft. Fur Ackerbau M.B.H. Boletin verde No. 14. 1962. p. 27.
13. RIVERA MARTINEZ, José. Alternativas de conservación del suelo contra la erosión. En : Revista de la escuela de sanidad vegetal. Nicaragua : s.n., 1992. p. 72-73.
14. SIMMONDS, N. W. Los plátanos. Barcelona : Blume, 1973. 539p.
15. STALLING, J.H. El suelo su uso y mejoramiento. México : Continental, 1962. p. 145-160.
16. SUAREZ DE CASTRO, Fernando. Conservación de suelos. San José : IICA, 1980. 159p.
17. -----. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros. Bogotá, 1962. 473p.
18. UNITED BRANDS. Guía práctica para el cultivo del banano. Departamento de Investigaciones Tropicales. Honduras. 1975. 224p.

Anexos

Anexo A. Análisis de varianza de los diferentes tratamientos para la densidad aparente.

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	0,00066	0,00033	0,025NS	6,94	18,0
Bloques	2	0,014	0,007	0,546NS		
Error	4	0,0513	0,0128			

NS = No significativo

CV = 9,7%

Anexo B. Prueba de Tukey para la densidad aparente de los diferentes tratamientos.

	1,21	1,18	1,104
1,104	0,106**	0,076 NS	0
1,18	0.03	0	
1,21	0		

** Altamente significativo

W0,5 = 0,32

NS = No significativo

W0,1 = 0,53

Anexo C. Análisis de varianza para la densidad real de los diferentes tratamientos

CAUSAS VARIACION	DE GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	0,0066	0,0033	0,129NS	6,94	18,00
Bloques	2	0,0266	0,0133	0,521NS		
Error	4	0,102	0,0255			

NS = No significativo

CV = 7,26%

Anexo D. Prueba de Tukey para la densidad real de los diferentes tratamientos.

	2,24	2,22	2,12
2,12	0,12**	0,1**	0
2,22	0,02 NS	0	
2,24	0		

** Altamente significativo

W0,5 = 0,46

NS = No significativo

W0,1 = 0,74

Anexo E. Análisis de varianza para la porosidad de los suelos en estudio

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	89,99	44,99	20,04**	6,94	18,00
Bloques	2	25,47	12,73	5,67 NS		
Error	4	8,98	2,24			

** Altamente significativo

NS = No significativo

CV = 3,18%

Anexo F. Prueba de Tukey para la porosidad de los diferentes tratamientos.

	50,8	47,10	43,06
43,06	7,74**	4,04 NS	0
47,10	3,7 NS	0	
50,8	0		

** Altamente significativo

W0,5 = 4,35

NS = No significativo

W0,1 = 7,02

Anexo G. Análisis de varianza para la conductividad hidráulica de los tratamientos

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	0,276	0,138	0,992NS	6,94	18,0
Bloques	2	3,394	1,697	12,20*		
Error	4	0,558	0,139			

* Diferencia significativa

NS = No significativo

CV = 62,27%

Anexo H. Prueba de Tukey para conductividad hidráulica de los tratamientos.

	1,465	0,24	0,091
0,091	1,374*	0,149 NS	0
0,24	1,225*	0	
1,465	0		

* Diferencia significativa

$W_{0,5} = 1,08$

NS = No significativo

$W_{0,1} = 1,74$

Anexo J. Análisis de varianza para la máxima retención de humedad de los tratamientos en estudio

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	297,81	148,9	14,99*	6,94	18,0
Bloques	2	252,84	126,42	12,73*		
Error	4	39,75	9,93			

* Diferencia significativa
CV = 4,89%

Anexo K. Prueba de Tukey para la máxima retención de humedad de los tratamientos en estudio

	71	64,08	58,02
58,02	12,98*	6,06 NS	0
64,08	6,92 NS	0	
71	0		

* Diferencia significativa

W0,5 = 9,169

NS = No significativo

W0,1 = 14,77

Anexo L. Análisis de varianza para la capacidad de campo de los tratamientos en estudio.

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	93,442	46,721	0,22NS	6,94	18,0
Bloques	2	28,902	14,451	0,068NS		
Error	4	848,709	212,177			

NS = No significativo

CV = 25,77%

Anexo M. Prueba de Tukey para la capacidad de campo de los tratamientos en estudio

	59,05	55,43	55,09
55,09	3,96 NS	0,34 NS	0
55,43	3,62 NS	0	
59,05	0		

NS = No significativo

W0,5 = 42,38

W0,1 = 68,28

Anexo N. Análisis de varianza para el punto de marchitez permanente de los tratamientos en estudio

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	2,839	1,419	0,77 NS	6,94	18,0
Bloques	2	2,923	1,461	0,79 NS		
Error	4	7,35	1,837			

NS = No significativo

CV = 18,44%

Anexo Ñ. Prueba de Tukey para el punto de marchitez permanente de los tratamientos

	8,11	7,04	6,9
6,9	1,21 NS	0,14 NS	0
7,04	1,07 NS	0	
8,11	0		

NS = No significativo

W0,5 = 3,94

W0,1 = 6,35

Anexo P. Análisis de varianza para el nitrógeno total de los suelos en estudio

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F		F 0,5	F,01
Tratamientos	2	0,000269	0,000134	1,309	NS	6,94	18,0
Bloques	2	0,00050	0,00025	2,43	NS		
Error	4	0,000411	0,000102				

NS = No significativo

CV = 7,64%

Anexo Q. Prueba de Tukey para el nitrógeno total de los suelos en estudio

	0,1424	0,1283	0,1258
0,1258	0,0166 NS	0,0025 NS	0
0,1283	0,0141 NS	0	
0,1424	0		

NS = No significativo

W0,5 = 0,0293

W0,1 = 0,047

Anexo R. Análisis de varianza para el contenido de fósforo.

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F		F 0,5	F,01
Tratamientos	2	174,22	87,11	0,21	NS	6,94	18,00
Bloques	2	402,89	201,445	0,5	NS		
Error	4	1595,78	398,945				

NS = No significativo

CV = 64,67%

Anexo S. Prueba de Tukey para el contenido de fósforo de los suelos en estudio.

	38,66	31,66	22,33
22,33	16,33	9,33	0
31,66	7	0	
38,66	0		

NS = No significativo

W0,5 = 58,11

W0,1 = 93,62

Anexo T. Análisis de varianza para el contenido de potasio.

CAUSAS DE VARIACION	GI	SC	CM	F	F 0,5	F,01
Tratamientos	2	0,35	0,175	1,29 NS	6,94	18,00
Bloques	2	0,11	0,055	0,4 NS		
Error	4	0,54	0,135			

NS = No significativo

CV = 52,24%

Anexo U. Prueba de Tukey para el contenido de potasio de los suelos en estudio.

	0,86	0,64	0,61
0,61	0,25 NS	0,03 NS	0
0,64	0,22 NS	0	
0,86	0		

NS = No significativo

W0,5 = 1,06

W0,1 = 1,722

